

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-236834

(43)Date of publication of application : 09.09.1997

(51)Int.Cl.

G02F 1/35  
H04B 10/00

(21)Application number : 08-041940

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 28.02.1996

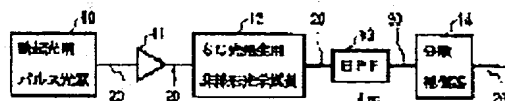
(72)Inventor : TAKARA HIDEHIKO  
KAWANISHI SATOKI  
SARUWATARI MASATOSHI

## (54) LIGHT PULSE GENERATING CIRCUIT

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent polarization condition from being changed and to improve operational stability by using the components of all a polarization holding type and coupling all of these optical main axes in parallel or perpendicularly.

**SOLUTION:** A pulsed light source 10 which generates SC light pulses, an optical amplifier 11, a nonlinear optical medium 12, an optical band-pass filter 13 and a dispersion compensator 14 are defined as a polarization holding type, all optical axes of each component are coupled in parallel or perpendicular by an optical coupling means 20 of the polarization holding type. In this way, in the case using optical parts of optical fiber structure when respective elements are defined as the polarization holding type, the elements can be structured by ANDA fibers or elliptic core fibers. By this, changes in the polarization condition of output pulses and pulses can be made small for mechanical vibrations and temperature variation, etc. Since the components for controlling the conditions of polarization is unnecessary the loss of the entire system can be reduced, and the device can be made small in size and low in cost.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.10.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 25.06.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3369833

[Date of registration] 15.11.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2002-014074

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 25.07.2002

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The source of pulsed light which generates the light pulse of a predetermined repeat frequency, and the optical amplifier which amplifies said light pulse, the amplified light pulse — super KONTINIAMU (it is called “SC” below —) In the light pulse generator equipped with the nonlinear optics medium changed into a light pulse, the optical band pass filter which cuts off the predetermined wavelength region in the spectrum of said SC light pulse, and the distributed compensator with which the chirp of said SC light pulse is compensated The light pulse generator which uses said source of pulsed light, an optical amplifier, a nonlinear optics medium, an optical band pass filter, and a distributed compensator as a polarization maintenance mold, and is characterized by being the configuration which combined the whole of each optical main shaft with parallel or a rectangular cross.

[Claim 2] A light pulse generator according to claim 1 and the optical turnout which branches spatially SC light pulse outputted from said light pulse generator to N individual (N is two or more integers), The optical modulator of N individual which modulates the reinforcement or the phase of SC light pulse of said N individual by the predetermined signal, respectively, The optical delay machine of N individual which gives delay which is different on a time-axis, respectively to the light pulse signal of each channel, The light pulse generator which multiplexes the light pulse signal of an N channel, is equipped with the optical multiplexing machine outputted as a Time-Division-Multiplexing lightwave signal, uses said optical turnout, an optical modulator, an optical delay machine, and an optical multiplexing machine as a polarization maintenance mold, and is characterized by being the configuration which combined the whole of each optical main shaft with parallel or a rectangular cross.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the light pulse generator made to generate the high speed and ultrashort light pulse used for optical communication, or optical measurement and others.

[0002]

[Description of the Prior Art] It has been an important technical problem how implementation of ultra high-speed light measurement of ultra high-speed optical communication, an optical sampling, etc. can be made to generate a light pulse with it (380 bibliography: "the ultra high-speed light wave form measuring method by the optical sampling using sum cycle light generating" besides Takayoshi, the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers paper magazine, B-I, vol.J75-B-I, No. 5, pp.372- 1992). . [ narrow pulse width and ] [ stable ]

[0003] There are combination of a ring resonator mold mode locked laser, a Fabry-Perot resonator mold mode locked laser, gain switching semiconductor laser, CW semiconductor laser, and an electroabsorption modulator and others in the conventional source of pulsed light. Drawing 4 shows the example of a configuration of the conventional ring resonator mold mode locked laser. In drawing, it is the optical amplifier with which 41 amplifies an optical modulator and 42 amplifies a light pulse, the optical band pass filter (BPF) with which 43 determines oscillation wavelength within the gain spectral band width of an optical amplifier, the optical turnout from which 44 takes out a part of light pulse (mode locked laser output light) outside, and the optical delay machine to which 45 carries out adjustable [ of the optical path length ], and they are combined in the shape of a ring through the optical coupling means 46, and a ring resonator is constituted. An oscillator 49 is connected to an optical modulator 41 through a voltage amplifier 48 with direct current voltage supply 47, and it is the frequency  $f_0$  of an oscillator 49. The loss or the phase of light which responds and spreads the inside of a ring resonator is modulated, and it is the repeat frequency  $f_0$ . A light pulse train is generated.

[0004] It sets in the source of pulsed light of above others, and is the frequency  $f_0$  of an oscillator similarly. It responds and repeats and is a frequency  $f_0$ . A light pulse train can be generated. However, the pulse width of such output light was more than the number ps. On the other hand, it is pulse width at the repeat frequency of 6GHz or more as a technique announced recently. There is an SC light pulse evolution method which generates the high speed and ultrashort light pulse of 0.5 or less ps (bibliography: T.Morioka et al., "Nearly penalty-free and 4 ps supercontinuum WDM pulse generation for Tbit/s TDM-WDM network", OFC94 and PD21, 1994). .

[0005] Drawing 5 shows the example of a configuration of the light pulse generator which used SC light pulse generating. In drawing, 50 is a source for excitation of pulsed light, and 51 is an optical amplifier and an optical coupling means by which an optical band pass filter (BPF) and 55 combine a distributed compensator, and, as for a polarization controller and 53, 56 combines each component for 52 optically, as for the nonlinear optics medium for SC light generating, and 54. A ring resonator mold mode locked laser as shown in drawing 4 is used for the source 50 for

excitation of pulsed light. A rare earth addition fiber is used for an optical amplifier 51. An optical fiber is used for the distributed compensator 55.

[0006] Hereafter, the generating process of SC light pulse is explained with reference to drawing 6. The excitation light pulse outputted from the source 50 for excitation of pulsed light is amplified with an optical amplifier 51, and after being set as a predetermined polarization condition with the polarization controller 52, incidence of it is carried out to the nonlinear optics medium 53 for SC light generating (drawing 6 (a)). At this time, it is wavelength  $\lambda_P$  of excitation light. It sets up so that the zero dispersive wave length of the nonlinear optics medium 53 for SC light generating may become near, and if it amplifies so that the peak power of excitation light may become high enough, the conversion to SC light pulse from an excitation light pulse will break out within the nonlinear optics medium 53 for SC light generating.

[0007] This SC light pulse is drawing 6 (b). It becomes a light pulse train with the spectral band width of an extensive wavelength region dozens of nm or more so that it may be shown. And SC light pulse of desired wavelength  $\lambda_{SC}$  is cut off using the optical band pass filter 54 (drawing 6 (c)). When filtered SC light pulse has a chirp (optical frequency should differ in time within a light pulse) under the effect of the distributed property of the nonlinear optics medium 53 for SC light generating at this time, it changes into the light pulse train which controls this chirp by the distributed compensator 55, and does not have a chirp (drawing 6 (d)). In addition, when there is no chirp in SC light pulse in the cut-off spectral band width, the distributed compensator 55 is unnecessary.

[0008] The spectral band width of obtained SC light pulse is determined by the bandwidth of the optical band pass filter 54. When this bandwidth is set to  $\Delta f$  and light pulse width of face is set to  $\Delta t$ , these products (time amount bandwidth product) are  $\Delta f \cdot \Delta t \geq C$ . — It is set to (1) and becomes more than Fourier transform threshold value. Here, C is a value decided by the configuration of a light pulse, for example, in the case of a gauss mold, is  $C = 0.44$  and  $\text{sech}^2$ . In the case of a mold, it is set to  $C = 0.31$ . Especially, It is (1) type and a light pulse in case an equal sign is realized is called a Fourier transform marginal pulse.

[0009] When there is no chirp in SC light pulse, a Fourier transform marginal pulse is acquired. Therefore, light pulse width-of-face  $\Delta t$  of SC light pulse is  $\Delta t = C / \Delta f$ . — It turns out that it is set to (2) and a light pulse with narrow pulse width is obtained by increasing bandwidth  $\Delta f$ . For example, if it is set as  $\Delta f = 650\text{GHz}$  (wavelength of about 5nm) and a light pulse wave is assumed to be a gauss mold, pulse width  $\Delta t = 0.5\text{ps}$  will be obtained. Therefore, since the ultrashort light pulse of the pulse width of a sub picosecond can be obtained, this SC light pulse evolution method is hundreds Gbit/s. A communication link, optical sampling light wave form measurement of high time resolution, etc. are attained with a ultra high-speed light of a field.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] It is thought that generating of SC light pulse breaks out by compound of nonlinear optical effects, such as self-phase modulation which has the polarization dependency of incident light, 4 light-wave mixing, and the Raman magnification. Therefore, also in the configuration shown in drawing 5, the generating effectiveness and the spectrum of SC light pulse change depending on the polarization condition of an excitation light pulse. Therefore, using the polarization controller 52, the polarization condition of the excitation light pulse after magnification was adjusted so that it might become the the best for SC light pulse generating.

[0011] By the way, with the configuration, the optical fiber (it is 1km or more at an optical amplifier with 10m or more and the nonlinear optics medium for SC light generating) of the long picture which does not hold polarization as an optical amplifier 51 or a nonlinear optics medium 53 for SC light generating is used conventionally which is shown in drawing 5. Therefore, though the light pulse by which the polarization condition was stabilized from the source 50 for excitation of pulsed light is generated, change of a polarization condition tends to break out inside an optical fiber under a mechanical vibration or the effect of a temperature change. Moreover, since the optical band pass filter 54, the distributed compensator 55, and the optical coupling means 56 were not polarization maintenance molds, either, there was a trouble that the

polarization condition of SC light pulse changed in time also after SC light pulse generating.

[0012] In the optical communication mentioned above or the field of optical measurement, an optical modulator, an optical gate component, etc. with a polarization dependency are used in many cases. Therefore, since it was easy to produce level variation, a polarization change of state, etc. of SC light pulse by external fluctuation, the light pulse generator using the conventional SC light pulse generating was difficult for actually applying. This invention aims at offering the light pulse generator which can prevent change of the polarization condition of SC light pulse by external fluctuation in the configuration which generates SC light pulse.

[0013]

[Means for Solving the Problem] The light pulse generator of claim 1 is the configuration which used as the polarization maintenance mold the source of pulsed light and optical amplifier which generate SC light pulse, the nonlinear optics medium, the optical band pass filter, and the distributed compensator, and combined all of these optical main shafts with parallel or a rectangular cross. Thus, by using each component of a light pulse generator as a polarization maintenance mold, change of a polarization condition can be prevented and stability of operation can be raised.

[0014] The light pulse generator of claim 2 branches SC light pulse in several channel minutes, modulates each SC light pulse by signal, respectively, in the configuration delay which is different to each light pulse signal, respectively is given [ configuration ], and it multiplexs [ configuration ], uses each component as a polarization maintenance mold, and combines all optical main shafts with parallel or a rectangular cross. Thereby, change of a polarization condition can be prevented in the process of Time Division Multiplexing of a light pulse signal, and stability of operation can be raised.

[0015]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 shows the operation gestalt of the light pulse generator of claim 1. In drawing, the source for excitation of pulsed light where 10 generates the light pulse of single polarization, and 11 are the optical amplifier of a polarization maintenance mold, and an optical-coupling means of a polarization maintenance mold to by which in the nonlinear optics medium for SC light generating of a polarization maintenance mold, and 13 the optical band pass filter (BPF) of a polarization maintenance mold and 14 combine with the distributed compensator of a polarization maintenance mold, and 20 combines [ 12 ] the optical main shaft of each component with parallel or a rectangular cross altogether.

[0016] The quartz system optical waveguide of the optical amplifier using the rare earth addition fiber as an optical amplifier 11 of a polarization maintenance mold, a semiconductor laser amplifier, and the planar mold that carried out rare earth addition can be used. As a nonlinear optics medium 12 for SC light generating of a polarization maintenance mold, an optical fiber, semiconductor waveguide, an organic crystal, or organic waveguide can be used. As a distributed compensator 14 of a polarization maintenance mold, an optical fiber, the quartz system optical waveguide of a planar mold, semiconductor waveguide, a diffraction-grating pair, a prism pair, a Gires-Tournois interference system, and a fiber grating can be used.

[0017] What is necessary is here, just to make it a PANDA fiber and an ellipse core fiber configuration, in using the optical components of optical fiber structure, when using as a polarization maintenance mold each element which constitutes a light pulse generator. Moreover, since these are form birefringence ingredients and have already had polarization holdout in using components and components, such as quartz system optical waveguide of a planar mold, a semiconductor, and a crystal, it can use as it is.

[0018] Moreover, what is necessary is just to transpose a component part and a component to polarization maintenance molds, such as a PANDA fiber, an ellipse core fiber, quartz system optical waveguide of a planar mold, semiconductor waveguide, and a crystal, in the combination of the above-mentioned ring resonator mold mode locked laser, a Fabry-Perot resonator mold mode locked laser, gain switching semiconductor laser, CW semiconductor laser, and an electroabsorption modulator, and other configurations, in order to generate the light pulse of single polarization in the source 10 for excitation of pulsed light.

[0019] Furthermore, all of the optical main shaft of these components are combined with parallel

or a rectangular cross. Thereby, since the polarization direction of the light pulse in equipment does not change with external fluctuation but a guided wave is held and carried out in the same polarization direction, the unstable actuation by change of a polarization condition does not break out. Moreover, since the polarization controller needed conventionally becomes unnecessary, the loss is also cancelable while a configuration becomes easy.

[0020] Drawing 2 shows the operation gestalt of the light pulse generator of claim 2. In drawing, 10-14 are the same as that of the 1st operation gestalt. However, the optical amplifier of the polarization maintenance mold with which 11-1 is arranged at the preceding paragraph of the nonlinear optics medium 12 for SC light generating, and 11-2 are the optical amplifiers of the polarization maintenance mold arranged in the latter part of the distributed compensator 14. With this operation gestalt, the Time-Division-Multiplexing section 19 further constituted with the optical multiplexing vessel 18 of the optical turnout 15 of a polarization maintenance mold, the optical modulator 16-1 of a polarization maintenance mold - 16-N, the optical delay machine 17-1 of a polarization maintenance mold - 17-N, and a polarization maintenance mold is connected.

[0021] As the optical turnout 15 and the optical multiplexing machine 18 of a polarization maintenance mold, the optical fiber mold coupler which consists of a PANDA fiber or an ellipse core fiber can be used. as the optical modulator 16 of a polarization maintenance mold — LiNbO<sub>3</sub> etc. — the optical modulator using an electro-optical effect ingredient, an electric-field absorption mold semi-conductor modulator, etc. can be used. As an optical delay machine 17 of a polarization maintenance mold, a PANDA fiber and an ellipse core fiber can be used and the time amount spread with the die length is adjusted. Moreover, what was formed on the quartz system optical waveguide of a planar mold may be used for the optical turnout 15, the optical delay machine 17, and the optical multiplexing machine 18.

[0022] Drawing 3 shows the example of the Time-Division-Multiplexing section 19 of operation. N division is carried out, by the optical modulator 16-1 - 16-N, reinforcement or a phase is modulated and SC light pulse inputted into the optical turnout 15 from the optical amplifier 11-2 is encoded independently, respectively. Then, delay which is different by the optical delay machine 17-1 - 17-N, respectively is given so that the lightwave signal of an N channel may not lap on a time-axis ( drawing 3 (a) - (c)). By multiplexing these lightwave signals with the optical multiplexing vessel 18, Time Division Multiplexing of the lightwave signal of an N channel can be carried out ( drawing 3 (d)).

[0023] With the configuration of this invention, all components are used as a polarization maintenance mold, and all of these optical main shafts are combined with parallel or a rectangular cross. Therefore, since the polarization direction of the light pulse in equipment does not change with external fluctuation but a guided wave is held and carried out in the same polarization direction, the stable Time-Division-Multiplexing lightwave signal of single polarization can be acquired.

[0024]

[Effect of the Invention] As explained above, the light pulse generator of this invention can make small the polarization condition of an output light pulse, and change of level to mechanical oscillation, temperature fluctuation, etc. by using all components as a polarization maintenance mold, and combining all optical main shafts with parallel or a rectangular cross further. Moreover, since the component for controlling a polarization condition becomes unnecessary, loss of the whole system can be reduced and miniaturization and low cost-ization can be attained.

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

TECHNICAL FIELD

---

[Field of the Invention] This invention relates to the light pulse generator made to generate the high speed and ultrashort light pulse used for optical communication, or optical measurement and others.

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The block diagram showing the operation gestalt of the light pulse generator of claim 1.

[Drawing 2] The block diagram showing the operation gestalt of the light pulse generator of claim 2.

[Drawing 3] Drawing showing the example of the Time-Division-Multiplexing section 19 of operation.

[Drawing 4] The block diagram showing the example of a configuration of the conventional ring resonator mold mode locked laser.

[Drawing 5] The block diagram showing the example of a configuration of the light pulse generator using SC light pulse generating.

[Drawing 6] Drawing explaining the generating process of SC light pulse.

[Description of Notations]

10 Source for Excitation Light of Single Polarization of Pulsed Light

11 Optical Amplifier of Polarization Maintenance Mold

12 Nonlinear Optics Medium for SC Light Generating of Polarization Maintenance Mold

13 Optical Band Pass Filter of Polarization Maintenance Mold (BPF)

14 Distributed Compensator of Polarization Maintenance Mold

15 Optical Turnout of Polarization Maintenance Mold

16 Optical Modulator of Polarization Maintenance Mold

17 Optical Delay Machine of Polarization Maintenance Mold

18 Optical Multiplexing Machine of Polarization Maintenance Mold

20 Optical Coupling Means of Polarization Maintenance Mold

50 Source for Excitation Light of Pulsed Light

51 Optical Amplifier

52 Polarization Controller

53 Nonlinear Optics Medium for SC Light Generating

54 Optical Band Pass Filter (BPF)

55 Distributed Compensator

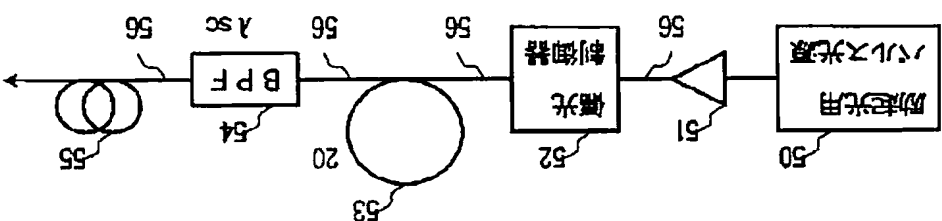
56 Optical Coupling Means

---

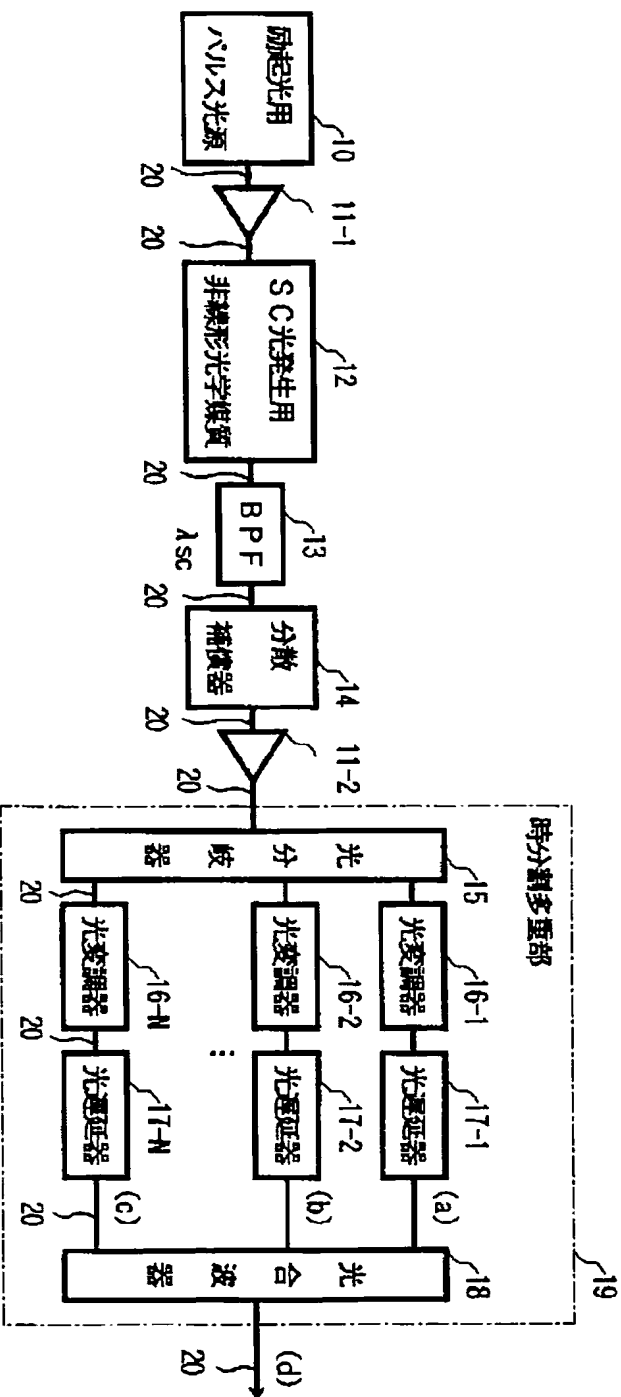
[Translation done.]



S C 光パルス発生を用いた光パルス発生装置の構成例

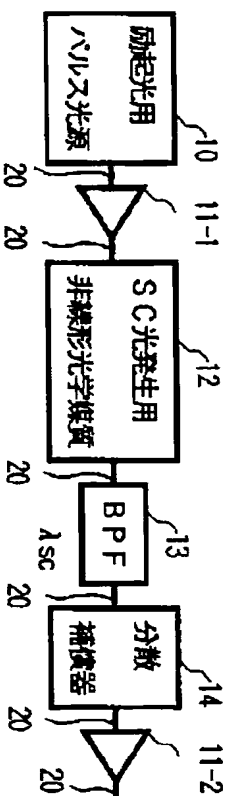


[Drawing 2]

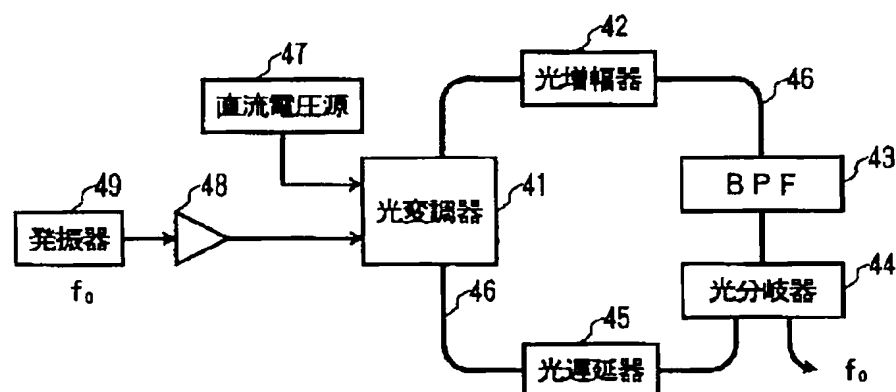


[Drawing 4]

請求項 2 の光パルス発生装置の実施形態

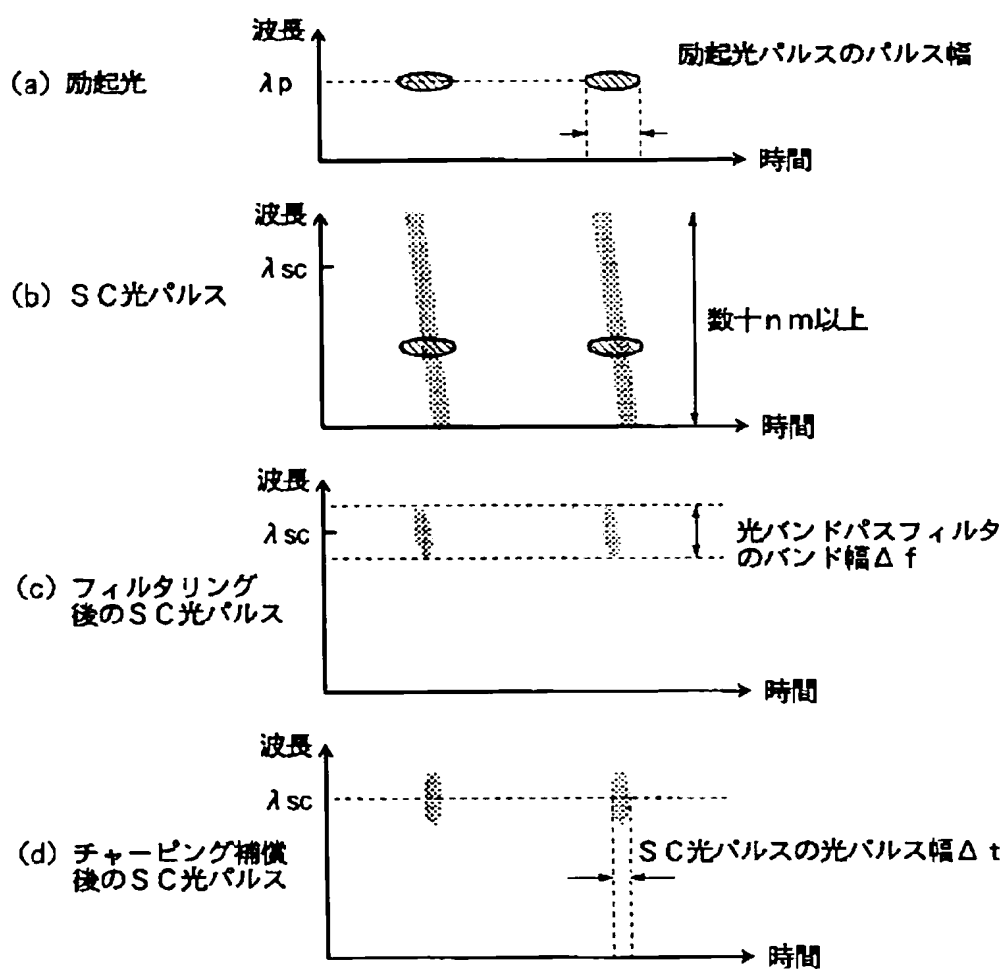


## 従来のリング共振器型モード同期レーザの構成例



[Drawing 6]

## S C 光パルスの発生過程



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-236834

(43) 公開日 平成9年(1997)9月9日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/35			G 0 2 F 1/35	
H 0 4 B 10/00			H 0 4 B 9/00	Z

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-41940

(22) 出願日 平成8年(1996)2月28日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 高良 秀彦

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 川西 悟基

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 猿渡 正俊

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 古谷 史旺

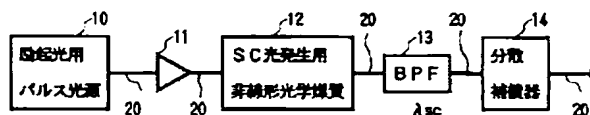
(54) 【発明の名称】 光パルス発生装置

(57) 【要約】

【課題】 外部変動によるSC光パルスの偏光状態の変化を防ぐ。

【解決手段】 SC光パルスを発生するパルス光源、光増幅器、非線形光学媒質、光バンドパスフィルタ、分散補償器が、光パルスの偏光方向を保持し、これらの光学主軸をすべて平行または直交に結合する。

請求項1の光パルス発生装置の実施形態



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定の繰り返し周波数の光パルスを発生するパルス光源と、前記光パルスを増幅する光増幅器と、増幅された光パルスをスーパーコンティニウム（以下「SC」という。）光パルスに変換する非線形光学媒質と、前記 SC 光パルスのスペクトル中の所定の波長域を切り取る光バンドパスフィルタと、前記 SC 光パルスのチャーピングを補償する分散補償器とを備えた光パルス発生装置において、前記パルス光源、光増幅器、非線形光学媒質、光バンドパスフィルタ、分散補償器を偏光保持型とし、それぞれの光学主軸をすべて平行または直交に結合した構成であることを特徴とする光パルス発生装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の光パルス発生装置と、前記光パルス発生装置から出力される SC 光パルスを空間的に N 個（N は 2 以上の整数）に分岐する光分岐器と、前記 N 個の SC 光パルスの強度または位相をそれぞれ所定の信号で変調する N 個の光変調器と、各チャネルの光パルス信号に時間軸上でそれぞれ異なる遅延を与える N 個の光遅延器と、N チャネルの光パルス信号を合波し、時分割多重光信号として出力する光合波器とを備え、前記光分岐器、光変調器、光遅延器、光合波器を偏光保持型とし、それぞれの光学主軸をすべて平行または直交に結合した構成であることを特徴とする光パルス発生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信や光計測その他に用いる高速・超短光パルスを発生させる光パルス発生装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】超高速光通信や光サンプリング等の超高速光計測の実現には、いかにパルス幅が狭く安定な光パルスを発生させることができるかが重要な課題になっている（参考文献：高良 他、「和周波光発生を用いた光サンプリングによる超高速光波形測定法」、電子情報通信学会論文誌、B-I, vol. J75-B-I, No. 5, pp. 372-380. 1992）。

【0003】従来のパルス光源には、リング共振器型モード同期レーザ、ファブリペロー共振器型モード同期レーザ、利得スイッチング半導体レーザ、CW 半導体レーザと電界吸収型光変調器の組み合わせ、その他がある。図 4 は、従来のリング共振器型モード同期レーザの構成例を示す。図において、41 は光変調器、42 は光パルスを増幅する光増幅器、43 は発振波長を光増幅器の利得スペクトル幅内で決定する光バンドパスフィルタ（BPF）、44 は光パルス（モード同期レーザ出力光）の

一部を外部に取り出す光分岐器、45 は光路長を可変させる光遅延器であり、それらが光結合手段 46 を介してリング状に結合されリング共振器が構成される。光変調器 41 には、直流電圧源 47 と、電圧増幅器 48 を介して発振器 49 が接続され、発振器 49 の周波数  $f$ 。に応じてリング共振器内を伝搬する光の損失あるいは位相を変調し、繰り返し周波数  $f$ 。の光パルス列を発生させる。

【0004】上記のその他のパルス光源においても、同様に発振器の周波数  $f$ 。に応じて繰り返し周波数  $f$ 。の光パルス列を発生させることができる。しかし、これらの出力光のパルス幅は数  $ps$  以上であった。一方、最近発表された技術として、繰り返し周波数 6 GHz 以上でパルス幅 0.5  $ps$  以下の高速・超短光パルスを発生させる SC 光パルス発生法がある（参考文献：T. Morioka et al., "Nearly penalty-free, 4ps supercontinuum WDM pulse generation for Tbit/s TDM-WDM network", OFC94, PD21, 1994）。

【0005】図 5 は、SC 光パルス発生を用いた光パルス発生装置の構成例を示す。図において、50 は励起用パルス光源、51 は光増幅器、52 は偏光制御器、53 は SC 光発生用非線形光学媒質、54 は光バンドパスフィルタ（BPF）、55 は分散補償器、56 は各構成要素を光学的に結合する光結合手段である。励起用パルス光源 50 には、例えば図 4 に示すようなリング共振器型モード同期レーザが用いられる。光増幅器 51 には希土類添加ファイバが用いられる。分散補償器 55 には光ファイバが用いられる。

【0006】以下、図 6 を参照して SC 光パルスの発生過程について説明する。励起用パルス光源 50 から出力された励起光パルスは、光増幅器 51 で増幅され、偏光制御器 52 で所定の偏光状態に設定された後に SC 光発生用非線形光学媒質 53 に入射される（図 6 (a)）。このとき、励起光の波長  $\lambda_i$  と SC 光発生用非線形光学媒質 53 の零分散波長が近くなるように設定し、励起光のピークパワーが十分に高くなるように増幅すると、SC 光発生用非線形光学媒質 53 内で励起光パルスから SC 光パルスへの変換が起きる。

【0007】この SC 光パルスは図 6 (b) に示すように、数十  $nm$  以上の広波長域のスペクトル幅を有した光パルス列となる。そして、光バンドパスフィルタ 54 を用いて所望の波長  $\lambda_s$  の SC 光パルスを切り取る（図 6 (c)）。このとき、フィルタリングした SC 光パルスが SC 光発生用非線形光学媒質 53 の分散特性の影響でチャーピング（光パルス内で時間的に光周波数が異なること）を有する場合には、分散補償器 55 でこのチャーピングを制御してチャーピングのない光パルス列に変換する（図 6 (d)）。なお、切り取ったスペクトルバンド幅内の SC 光パルスにチャーピングがない場合には分散補償器 55 は不要である。

【0008】得られたSC光パルスのスペクトルバンド幅は、光バンドパスフィルタ54のバンド幅によって決定される。このバンド幅を $\Delta f$ 、光パルス幅を $\Delta t$ とすると、これらの積（時間バンド幅積）は、

$$\Delta f \cdot \Delta t \geq C \quad \dots(1)$$

となり、フーリエ変換限界値以上となる。ここで、Cは光パルスの形状で決まる値であり、例えばガウス型の場合には $C=0.44$ 、 $\text{sech}^2$ 型の場合には $C=0.31$ となる。特に、(1)式で等号が成り立つ場合の光パルスをフーリエ変換限界パルスと呼ぶ。

【0009】SC光パルスにチャージングがない場合にはフーリエ変換限界パルスが得られる。したがって、SC光パルスの光パルス幅 $\Delta t$ は、

$$\Delta t = C / \Delta f \quad \dots(2)$$

となり、バンド幅 $\Delta f$ を増加することによりパルス幅の狭い光パルスが得られることがわかる。例えば、 $\Delta f = 650 \text{ GHz}$ （波長約 $5 \text{ nm}$ ）に設定し、光パルス波形をガウス型と仮定すると、パルス幅 $\Delta t = 0.5 \text{ ps}$ が得られる。したがって、このSC光パルス発生法は、サブピコ秒のパルス幅の超短光パルスを得ることができるので、数百Gbit/s領域の超高速光で通信および高時間分解能の光サンプリング光波形測定などが可能となる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】SC光パルスの発生は、入射光の偏光依存性を有する自己位相変調、4光波混合、ラマン増幅等の非線形光学効果の複合により起きると考えられている。したがって、図5に示す構成においても励起光パルスの偏光状態に依存してSC光パルスの発生効率やスペクトルが変化する。そのため、偏光制御器52を用いて増幅後の励起光パルスの偏光状態をSC光パルス発生に最適になるように調整していた。

【0011】ところで、図5に示す従来構成では、光増幅器51やSC光発生用非線形光学媒質53として偏光を保持しない長尺の光ファイバ（光増幅器で $10 \text{ m}$ 以上、SC光発生用非線形光学媒質で $1 \text{ km}$ 以上）が用いられている。したがって、励起用パルス光源50から偏光状態の安定した光パルスを発生させたとしても、機械的な振動や温度変化の影響により光ファイバ内部で偏光状態の変化が起きやすい。また、光バンドパスフィルタ54、分散補償器55、光結合手段56も偏光保持型ではないので、SC光パルス発生後でもSC光パルスの偏光状態が時間的に変化する問題点があった。

【0012】上述した光通信や光計測の分野では、偏光依存性のある光変調器や光ゲート素子等を利用する場合が多い。したがって、従来のSC光パルス発生を利用した光パルス発生装置は、外部変動によりSC光パルスのレベル変動や偏光状態変化等が生じやすいために、実際に適用することは困難であった。本発明は、SC光パルスを発生させる構成において、外部変動によるSC光パルスの偏光状態の変化を防ぐことができる光パルス発生

装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】請求項1の光パルス発生装置は、SC光パルスを発生するパルス光源、光増幅器、非線形光学媒質、光バンドパスフィルタ、分散補償器を偏光保持型とし、これらの光学主軸をすべて平行または直交に結合した構成である。このように光パルス発生装置の各構成要素を偏光保持型とすることにより、偏光状態の変化を防ぎ、動作の安定性を向上させることができる。

【0014】請求項2の光パルス発生装置は、SC光パルスをチャネル数分に分岐し、各SC光パルスをそれぞれ信号で変調し、各光パルス信号にそれぞれ異なる遅延を与えて合波する構成において、各構成要素を偏光保持型とし光学主軸をすべて平行または直交に結合する。これにより、光パルス信号の時分割多重の過程において偏光状態の変化を防ぎ、動作の安定性を向上させることができる。

【0015】

【発明の実施の形態】図1は、請求項1の光パルス発生装置の実施形態を示す。図において、10は単一偏光の光パルスを発生する励起用パルス光源、11は偏光保持型の光増幅器、12は偏光保持型のSC光発生用非線形光学媒質、13は偏光保持型の光バンドパスフィルタ(BPF)、14は偏光保持型の分散補償器、20は各構成要素の光学主軸をすべて平行または直交に結合する偏光保持型の光結合手段である。

【0016】偏光保持型の光増幅器11としては、希土類添加ファイバを用いた光増幅器、半導体レーザ増幅器、希土類添加したプレーナ型の石英系光導波路を利用できる。偏光保持型のSC光発生用非線形光学媒質12としては、光ファイバ、半導体導波路、有機結晶または有機導波路が使用できる。偏光保持型の分散補償器14としては、光ファイバ、プレーナ型の石英系光導波路、半導体導波路、回折格子対、プリズム対、Gires-Tournois干渉系、ファイバグレーティングが使用できる。

【0017】ここで、光パルス発生装置を構成する各要素を偏光保持型とするときに、光ファイバ構造の光部品を用いる場合には、PANDAファイバや楕円コアファイバ構成にすればよい。また、プレーナ型の石英系光導波路、半導体、結晶等の部品や素子を用いる場合には、これらが複屈折性材料でありすでに偏光保持性を有しているため、そのまま用いることができる。

【0018】また、励起用パルス光源10において単一偏光の光パルスを発生させるには、上記のリング共振器型モード同期レーザ、ファブリペロー共振器型モード同期レーザ、利得スイッチング半導体レーザ、CW半導体レーザと電界吸収型光変調器の組み合わせ、その他の構成において、構成部品や素子をPANDAファイバ、楕円コアファイバ、プレーナ型の石英系光導波路、半導体

10

20

30

40

50

導波路、結晶等の偏光保持型に置き換えればよい。

【0019】さらに、これらの構成要素の光学主軸をすべて平行または直交に結合する。これにより、装置内の光パルスの偏光方向は外部変動により変化せず、同一偏光方向に保持されて導波されるので、偏光状態の変化による不安定動作は起きない。また、従来必要とされていた偏光制御器が不要となるので、構成が簡単になるとともにその損失も解消できる。

【0020】図2は、請求項2の光パルス発生装置の実施形態を示す。図において、10～14は第1の実施形態と同様である。ただし、11-1はSC光発生用非線形光学媒質12の前段に配置される偏光保持型の光増幅器、11-2は分散補償器14の後段に配置される偏光保持型の光増幅器である。本実施形態では、さらに偏光保持型の光分岐器15、偏光保持型の光変調器16-1～16-N、偏光保持型の光遅延器17-1～17-N、偏光保持型の光合波器18により構成される時分割多重部19が接続される。

【0021】偏光保持型の光分岐器15および光合波器18としては、PANDAファイバや楕円コアファイバからなる光ファイバ型カプラを使用できる。偏光保持型の光変調器16としては、LiNbO<sub>3</sub>等の電気光学効果材料を用いた光変調器や、電界吸収型半導体変調器などが利用できる。偏光保持型の光遅延器17としては、PANDAファイバや楕円コアファイバを使用でき、その長さにより伝搬する時間を調整する。また、光分岐器15、光遅延器17、光合波器18は、プレーナ型の石英系光導波路上に形成したものを用いてもよい。

【0022】図3は、時分割多重部19の動作例を示す。光増幅器11-2から光分岐器15に入力されたSC光パルスはN分割され、それぞれ光変調器16-1～16-Nで強度または位相が変調され、独立に符号化される。その後、Nチャンネルの光信号が時間軸上で重ならないように、光遅延器17-1～17-Nでそれぞれ異なる遅延を与える(図3(a)～(c))。これらの光信号を光合波器18で合波することにより、Nチャンネルの光信号を時分割多重することができる(図3(d))。

【0023】本発明の構成では、構成要素をすべて偏光保持型とし、これらの光学主軸をすべて平行または直交に結合する。したがって、装置内の光パルスの偏光方向は外部変動により変化せず、同一偏光方向に保持されて

導波されるので、単一偏波の安定な時分割多重光信号を得ることができる。

【0024】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光パルス発生装置は、構成要素をすべて偏光保持型とし、さらに光学主軸をすべて平行または直交に結合することにより、機械的振動や温度変動等に対して出力光パルスの偏光状態およびレベルの変化を小さくすることができる。また、偏光状態を制御するための構成要素が不要となるので、系全体の損失を低減することができ、小型化および低コスト化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】請求項1の光パルス発生装置の実施形態を示すブロック図。

【図2】請求項2の光パルス発生装置の実施形態を示すブロック図。

【図3】時分割多重部19の動作例を示す図。

【図4】従来のリング共振器型モード同期レーザの構成例を示すブロック図。

【図5】SC光パルス発生を用いた光パルス発生装置の構成例を示すブロック図。

【図6】SC光パルスの発生過程を説明する図。

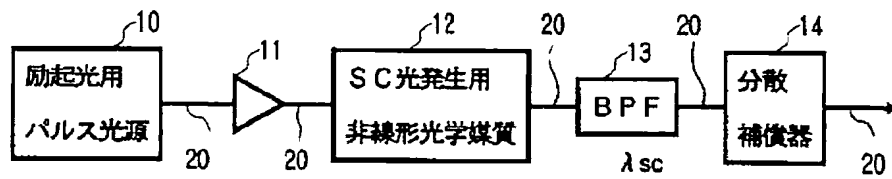
【符号の説明】

- 10 単一偏光の励起光用パルス光源
- 11 偏光保持型の光増幅器
- 12 偏光保持型のSC光発生用非線形光学媒質
- 13 偏光保持型の光バンドパスフィルタ(BPF)
- 14 偏光保持型の分散補償器
- 15 偏光保持型の光分岐器
- 16 偏光保持型の光変調器
- 17 偏光保持型の光遅延器
- 18 偏光保持型の光合波器
- 20 偏光保持型の光結合手段
- 50 励起光用パルス光源
- 51 光増幅器
- 52 偏光制御器
- 53 SC光発生用非線形光学媒質
- 54 光バンドパスフィルタ(BPF)
- 55 分散補償器
- 56 光結合手段



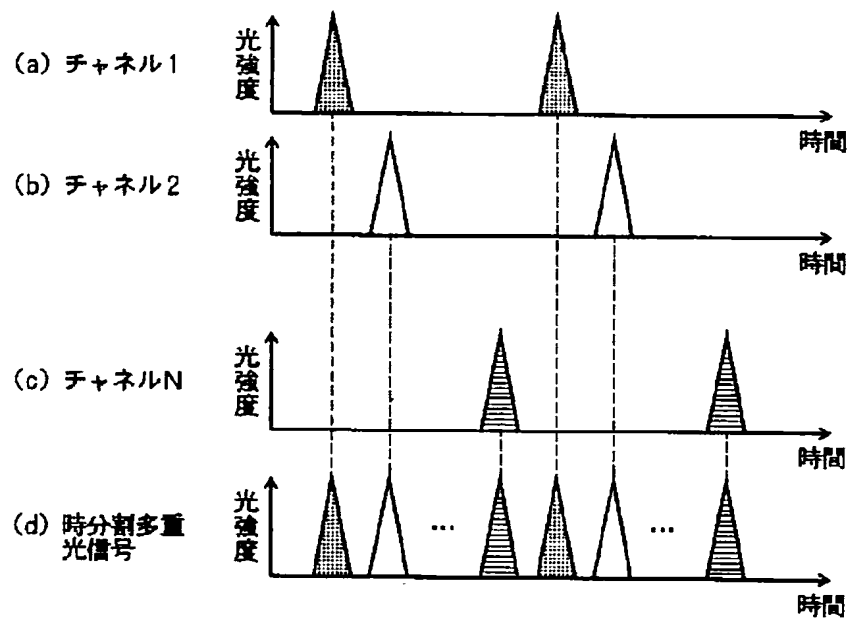
【図 1】

## 請求項 1 の光パルス発生装置の実施形態



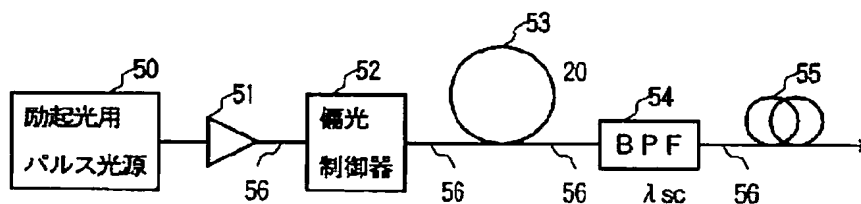
【図 3】

## 時分割多重部19の動作例



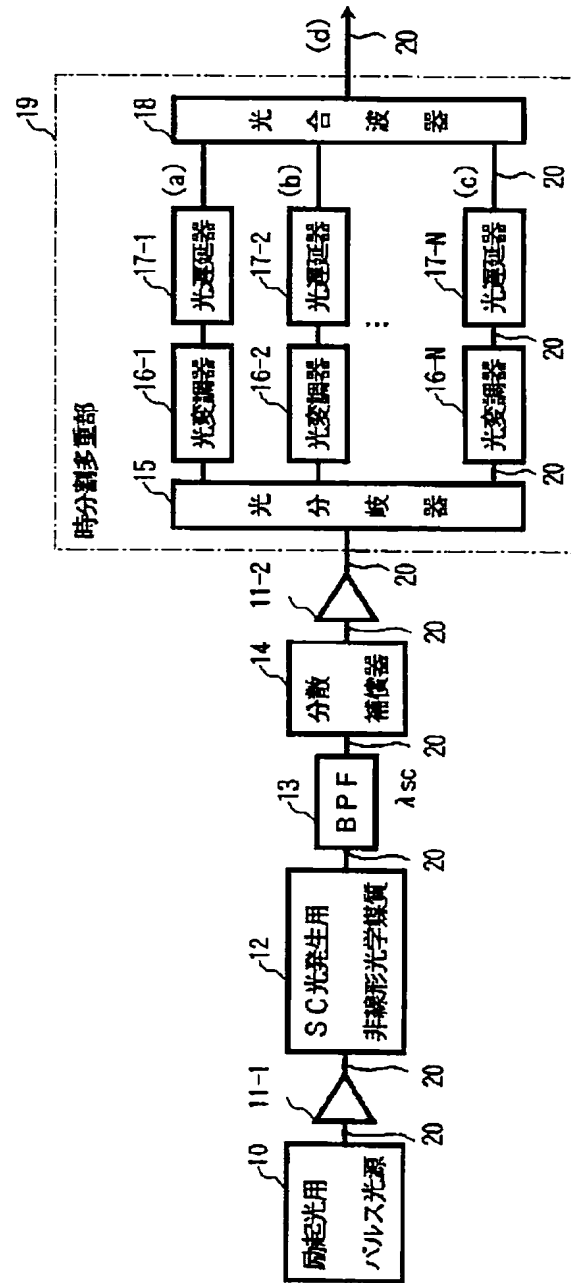
【図 5】

## SC光パルス発生を用いた光パルス発生装置の構成例



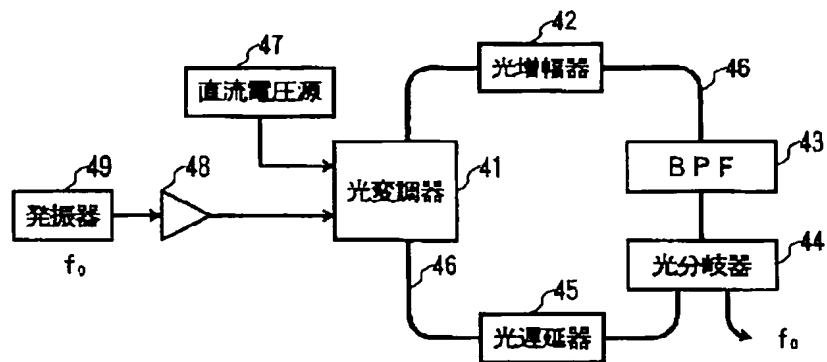
【図 2】

請求項 2 の光パルス発生装置の実施形態



【図 4】

従来のリング共振器型モード同期レーザの構成例



【図 6】

S C 光パルスの発生過程

